

**Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe für tribologische Anwendungen sowie definierte Gleit-/Reibpaarungen auf der Grundlage dieser Werkstoffe**

Die Erfindung betrifft Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe für Reib-/Gleit-Anwendungen, bei denen zur Gewährleistung oder Verbesserung der Funktion  
5 die eingesetzten Werkstoffe/Werkstoffkombinationen eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen und/oder geringe Reibungswärme erzeugen und/oder zu geringer Haftreibung neigen sowie definierte Gleit-/Reibpaarungen auf der Grundlage dieser Werkstoffe

Sowohl bei Gleit- als auch bei Reibpaarungen muss die entstehende Reibwärme  
10 zügig aus dem Reib-/Gleitbereich abgeführt werden. Das ist erforderlich, um einen Schmierfilm aufrecht zu erhalten oder konstante Reibwerte zu gewährleisten. Bei Gleitpaarungen, speziell im Mischreibungsbereich oder bei Trockenlauf, werden nach dem Stand der Technik Gleitpaarungen auf der Basis von Siliziumcarbid gegen Kohle eingesetzt, wie beispielsweise in W. Tietze,  
15 Handbuch Dichtungspraxis, 2. Auflage, Vulkan-Verlag, 2000, beschrieben wird.

Die niedrige Wärmeleitfähigkeit der Kohle, beispielsweise 8 bis 17 W/mK entsprechend den Werkstoffkennwerten der Firma Schunk Kohlenstofftechnik GmbH, Technologien in Kohlenstoff, Geschäftsbereich 1, Lager- und Dichtungstechnik, Werkstoffkennwerte, Standardwerkstoffe, Schunk, 30.14  
20 (1997), können zu einer merklichen Temperaturerhöhung im Spalt führen. Eine solche Temperaturerhöhung führt zu einer thermischen Belastung des Bindersystems und der Imprägnierung, die Veränderungen der Werkstoffe hervorrufen kann, die wiederum zu ungünstigen Gleitbedingungen führen. Die Beeinträchtigungen der tribologischen Eigenschaften können trotz der sehr guten  
25 Wärmeleitfähigkeit des Siliziumcarbids von beispielsweise 80 bis 130 W/mK auftreten.

Temperaturerhöhungen der Gleitpartner haben Einfluss auf die jeweilige Flüssigkeit im Spalt und führen zu veränderten Reib-/Gleit-Bedingungen. Lösungsprodukte können aufgrund der Temperaturveränderung

auskristallisieren, was nach dem Stillstand zu einem erhöhten Losbrech-/Anlaufmoment und im ungünstigsten Fall zum Verkleben der Gleitpaarung führt.

Dies kann sowohl bei rotierenden als auch bei sich translatorisch bewegendenden Dichtelementen auftreten.

- 5 Niedrige mechanische Werte wie Zugfestigkeit, Biegefestigkeit und Härte eines Gleitpartners, beispielsweise Kohle mit 30 bis 80 MPa, begrenzen zusätzlich den Einsatzbereich oben genannter Dichtelemente. Füllstoffe, insbesondere Imprägnierungen, können partiell angegriffen werden. Chemisch aggressive Medien verursachen ein Quellen der Imprägnierungen und verändern dadurch
- 10 die tribologischen Bedingungen. Dies ist eine weitere Ursache, die zu einer Temperaturerhöhung im Spalt führen kann.

Temperatur und Druck verändern die Geometrie und somit den ursprünglichen Auslegungszustand einer Gleitpaarung, was in der Regel zu einer Verschlechterung der Funktion führt.

- 15 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung eines günstigen Reib-/Gleit-Systems, welches den folgenden Anforderungen gerecht wird: konstante Reib-/Gleit-Eigenschaften, hohe Wärmeleitfähigkeit, Formstabilität durch hohen E-Modul und hohe Festigkeit.

- Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt durch eine Auswahl bestimmter Werkstoffe
- 20 und Werkstoffpaarungen.

- Zu den erfindungsgemäßen Werkstoffen mit den geforderten Eigenschaften gehören Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe, MKV-Werkstoffe, die aus einer oder mehreren metallischen Phasen mit einem Anteil von 30 bis 75 Vol.-% bestehen und einer oder mehreren nichtmetallischen anorganischen Komponenten mit
- 25 einem Anteil von 25 bis 70 Vol.-%. Als metallische Phasen werden Aluminium und seine Legierungen bevorzugt. Die nichtmetallischen keramischen

Komponenten sind keramische Werkstoffe, bevorzugt Siliciumcarbide, Aluminiumoxide, Titanoxide und Silicate.

Einer der bevorzugten MKV-Werkstoffe auf der Basis von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und Al hat eine Zusammensetzung von 40 bis 60 Vol.-%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und 60 bis 40 Vol.-% Al mit einer  
5 Wärmeleitfähigkeit von  $> 50 \text{ W/mK}$ , einer Biegefestigkeit von beispielsweise 300 MPa sowie einen E-Modul von beispielsweise 160 GPa.

Ein weiterer bevorzugter MKV-Werkstoffe auf der Basis von SiC und Al hat eine Zusammensetzung von 60 bis 80 Vol.-% SiC und 40 bis 20 Vol.-% Al mit einer Wärmeleitfähigkeit von beispielsweise  $180 \text{ W/mK}$ , einer Biegefestigkeit von  
10 beispielsweise 300 MPa sowie einen E-Modul von beispielsweise 200 GPa.

Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe mit einem Metallanteil von größer 50 Vol.-% werden Metal-Matrix-Composite (MMC) genannt. Liegt der Keramikanteil über 50 Vol.-%, wird der Werkstoff Ceramic-Matrix-Composite (CMC) genannt.

An den bearbeiteten Funktionsflächen werden Oberflächengüten mit Ra-Werten  
15 kleiner  $1 \mu\text{m}$  erzielt. Durch angepasste Hartbearbeitungsverfahren können diese jedoch variiert und somit je nach Tribopartner optimiert werden.

Durch die Werkstoffwahl bei MKV-Werkstoffen und die Oberflächengüte wird bei den Reib-/Gleit-Anwendungen die Wärmeentwicklung reduziert. Zusätzlich wird durch die hohe Wärmeleitfähigkeit der Werkstoffe die im Dichtspalt entstehende  
20 Wärme zügig an die Umgebung abgegeben. Die Dichtspalttemperatur wird dadurch gesenkt und die Vercrackung, die Auskristallisation und Belagbildung im Dichtspalt, wesentlich reduziert. Das Ergebnis sind günstigere und konstantere Reibungszahlen und Verschleißwerte.

Die verbesserte Formbeständigkeit verringert außerdem die Möglichkeit des  
25 Kantenlaufs. Dies reduziert die Temperaturspitzen und führt zu stabileren Flüssigkeitsfilmen im Dichtspalt, was wiederum die Reibleistung und Wärmeentwicklung reduziert.

In sogenannten hart/weich Paarungen führt die Substitution des weicheren Partners, beispielsweise Kohle oder Kunststoff, durch einen Keramik- oder einen Verbundwerkstoff zu verbesserten mechanischen Eigenschaften des gesamten Systems und erweitert dadurch die Einsatzmöglichkeiten. Weiterhin werden die tribologischen Bedingungen dadurch verbessert, dass Reibpartner, die zum Quellen neigen und/oder die sich gegenüber chemischen Angriffen kritisch verhalten, vermieden werden. Die Auslegung der Paarung kann somit mit engeren Toleranzengrenzen als bei bisherigen Werkstoffen erfolgen.

Bei sogenannten hart/hart Paarungen werden durch den Einsatz von MKV-Werkstoffen der Trockenlauf bzw. die Notlaufeigenschaften der tribologischen Paarungen verbessert.

Durch die Reduzierung des Verschleißes erhöht sich die Lebensdauer der Reibpaarungen und verlängern sich die Wartungsintervalle.

Bei der Anwendung der erfindungsgemäßen Werkstoffe und Werkstoffpaarungen ergeben sich entscheidende Verbesserungen im industriellen Bereich, insbesondere in der Automobil- und Konsumgüterindustrie.

Allgemein können die tribologischen Eigenschaften der Paarungen über ein gezieltes Design des Werkstoffs, durch eine ausgewählte Kombination von Keramik und Metall im Durchdringungsgefüge, für die nachfolgend beispielhaft aufgeführten Anwendungen angepasst werden.

Gleitringdichtungen in Kühlwasserpumpen, insbesondere MKV/Kohle, MKV/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ , MKV/SSiC, MKV/MKV, MKV/HM (Hartmetall), MKV/ZTA ( $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2$ ).

Gleitringdichtungen in Geschirrspülmaschinen, insbesondere MKV/Kohle, MKV/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ , MKV/SSiC, MKV/MKV, MKV/HM, MKV/Kunststoff; gegebenenfalls faserverstärkt.

Gleitringdichtungen in Pumpen für Benzindirekteinspritzungen, insbesondere MKV/Kohle, MKV/SSiC, MKV/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MKV/MKV, MKV/HM, MKV/ZTA.

Gleitringdichtungen in CO<sub>2</sub>-Kompressoren, insbesondere MKV/SSiC, MKV/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MKV/MKV, MKV/HM, MKV/ZTA.

- 5 Definierte Gleit-/Reibpaarungen zwischen Brems-, Lager-, Dicht- oder Antriebselementen, beispielsweise in Aufzügen, Rolltreppen, Krane, Trockenkupplungen, in Pumpen und Verdichtern bei Kolben und Zylindern, Taumelscheiben, Radiallagern oder Axiallagern, bei Lagern von Mahlzylindern und bei Gleitpartnern für Wellendichtringe.
- 10 Durch gezielte Auswahl der Werkstoffe der Reibpartner für den jeweiligen Anwendungsfall ergeben sich neue Anwendungsfelder, speziell in schmierstofffreien Einsatzgebieten wie z. B. in der Pharma- und Kosmetikindustrie oder in der Lebensmitteltechnik.

Insbesondere dort, wo sich nach Stillstandszeiten das Problem der Verklebung oder Ablagerung im Dichtspalt mit hohen Losbrechmomenten auftritt, empfehlen
- 15 sich die erfindungsgemäßen Werkstoffe als Reibpartner, beispielsweise als Dichtscheiben für Espresso-, Sanitär- und Industriearmaturen oder für Absperrventile.

Weitere Anwendungsfälle sind Seitenplatten in Benzin- oder Lenkhilfspumpen.
- 20 Bei diesen wird neben Verschleißbeständigkeit insbesondere eine hohe Maßhaltigkeit gefordert, was aufgrund der niedrigen Schwindung der Bauteile gewährleistet wird. Dadurch steigt der Wirkungsgrad der Pumpen, wodurch der Einsatz kleinerer, kompakterer und leichter Ausführungen möglich wird.
- 25 Möglicher Einsatz als Rollen und/oder Lagerelemente, z.B. in Verbrennungsmotoren, Verdichtern oder bei Abgasklappen.

Der Einsatz in hochbeanspruchten Ventiltrieben, wie sie bei Dieselmotoren vorhanden sind, stellen eine Alternative zu heutigen aufwendigen Lösungen dar.

In der Regel werden Gleitelemente speziell nach Kundenzeichnungen und Kundenspezifikationen erstellt. Typische Abmessungen für Großseriengleitringe  
5 sind: Außendurchmesser: 18 bis 28 mm, Innendurchmesser: 8 bis 20 mm und  
Höhe: 2 bis 5 mm.

### Patentansprüche

1. Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe für Reib-/Gleitanwendungen gekennzeichnet durch die Basiszusammensetzungen aus einer oder mehreren metallischen Phasen mit einem Anteil von 30 bis 75 Vol.-%, bevorzugt Aluminium und seine Legierungen, und einer oder mehreren nichtmetallischen anorganischen Komponenten mit einem Anteil von 25 bis 70 Vol.-% als keramische Werkstoffe, bevorzugt Siliciumcarbid, Aluminiumoxide, Titanoxide und Silicate.  
5
2. Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusammensetzung 40 bis 60 Vol.-%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und 60 bis 40 Vol.-% Al enthält.  
10
3. Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeleitfähigkeit größer als 50 W/mK ist, dass die Biegefestigkeit etwa 300 MPa und der Elastizitätsmodul etwa 160 GPa beträgt.  
15
4. Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusammensetzung 60 bis 80 Vol.-% SiC und 40 bis 20 Vol.-% Al enthält.
5. Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeleitfähigkeit mindestens 180 W/mK beträgt, dass die Biegefestigkeit etwa 300 MPa und der Elastizitätsmodul etwa 200 GPa beträgt.  
20
6. Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die mit einem Reib-/Gleitpartner in Kontakt stehenden Oberflächen einen Ra-Wert kleiner 1  $\mu\text{m}$  aufweisen.  
25

7. Gleitring, hergestellt aus einem der Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 6.
8. Gleit-/Reibpaarungen auf der Grundlage der Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 6 oder eines Gleittrings nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Paarungen aus einem Partner aus Metall-Keramik-Verbundwerkstoff (MKV) und einem Partner aus MKV oder Kohle oder  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oder  $\text{SSiC}$  oder Hartmetall (HM) oder ZTA ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  und  $\text{ZrO}_2$ ) oder Kunststoffe, gegebenenfalls faserverstärkt, vorliegen.
9. Gleit-/Reibpaarungen als Gleitringdichtung in Kühlwasserpumpen nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Werkstoffpaarungen vorliegen: MKV/Kohle, MKV/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ , MKV/ $\text{SSiC}$ , MKV/MKV, MKV/HM (Hartmetall), MKV/ZTA ( $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2$ ).
10. Gleit-/Reibpaarungen als Gleitringdichtung in Geschirrspülmaschinen nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Werkstoffpaarungen vorliegen: MKV/Kohle, MKV/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ , MKV/ $\text{SSiC}$ , MKV/MKV, MKV/HM, MKV/Kunststoff, gegebenenfalls faserverstärkt.
11. Gleit-/Reibpaarungen als Gleitringdichtung für Benzindirekteinspritzungen nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Werkstoffpaarungen vorliegen: MKV/Kohle, MKV/ $\text{SSiC}$ , MKV/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ , MKV/MKV, MKV/HM, MKV/ZTA.
12. Gleit-/Reibpaarungen als Gleitringdichtung in  $\text{CO}_2$ -Kompressoren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass folgende Werkstoffpaarungen vorliegen: MKV/ $\text{SSiC}$ , MKV/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ , MKV/MKV, MKV/HM, MKV/ZTA.
13. Gleit-/Reibpaarungen auf der Grundlage der Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 6 zwischen Brems-,



Lager-, Dicht- oder Antriebselementen, beispielsweise in Aufzügen, Rolltreppen, Krane, Trockenkupplungen, in Pumpen und Verdichtern bei Kolben und Zylindern, Taumelscheiben, Radiallagern oder Axiallagern, bei Lagern von Mahlzylindern und bei Gleitpartnern für Wellendichtringe.

- 5 14. Gleit-/Reibpaarungen auf der Grundlage der Metall-Keramik-  
Verbundwerkstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 6 in schmierstofffreien  
Einsatzgebieten wie in der Pharma- und Kosmetikindustrie oder in der  
Lebensmitteltechnik.
- 10 15. Gleit-/Reibpaarungen auf der Grundlage der Metall-Keramik-  
Verbundwerkstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 6 in Armaturen des  
Sanitärbereichs oder der Industrie.
16. Gleit-/Reibpaarungen auf der Grundlage der Metall-Keramik-  
Verbundwerkstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 6 bei Seitenplatten in  
Benzin- oder Lenkhilfspumpen.
- 15 17. Gleit-/Reibpaarungen auf der Grundlage der Metall-Keramik-  
Verbundwerkstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 6 bei Rollen und/oder  
Lagerelementen in Verbrennungsmotoren, Verdichtern oder bei  
Abgasklappen.
- 20 18. Gleit-/Reibpaarungen auf der Grundlage der Metall-Keramik-  
Verbundwerkstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 6 bei Ventiltrieben in  
Dieselmotoren.

Rec'd PCT/PTO 03 SEP 2004

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



10/506737



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
12. September 2003 (12.09.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/074898 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F16D 69/02,  
C22C 29/06, 32/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/01658

(22) Internationales Anmeldedatum:  
19. Februar 2003 (19.02.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10209476.4 5. März 2002 (05.03.2002) DE  
10306096.0 14. Februar 2003 (14.02.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): CERAMTEC AG [DE/DE]; Innovative Ceramic En-  
gineering, Fabrikstrasse 23-29, 73207 Plochingen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MEIER, Gerd  
[DE/DE]; Diepersdorfer Hauptstr. 20 a, 91227 Leinburg  
(DE). LENKE, Ilka [DE/DE]; Hindenburgstr. 69/1, 73207  
Plochingen (DE).

(74) Anwalt: UPPENA, Franz; Dynamit Nobel Aktiengesellschaft, - Patente, Marken & Lizenzen -, Kaiserstrasse 1, 53840 Troisdorf (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE (Gebrauchsmuster), DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist: Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METAL-CERAMIC COMPOSITES FOR TRIBOLOGICAL USES AND DEFINED SLIDING/FRICTION PAIRS BASED ON SAID MATERIALS

(54) Bezeichnung: METALL-KERAMIK-VERBUNDWERKSTOFFE FÜR TRIBOLOGISCHE ANWENDUNGEN SOWIE DEFINIERTE GLEIT-/REIBPAARUNGEN AUF DER GRUNDLAGE DIESER WERKSTOFFE

(57) Abstract: The friction heat generated between both sliding pairs and friction pairs has to be swiftly dissipated in order to maintain a lubricant film or ensure constant coefficients of friction. The invention consequently relates to metal-ceramic composites for friction/sliding uses, which are characterized by basic compositions containing 30 to 75 percent by volume of one or several metallic phases, preferably aluminum and the alloys thereof, and 25 to 70 percent by volume of one or several non-metallic inorganic component/s as ceramic materials, preferably silicon carbide, aluminum oxide, titanium oxide, and silicates.

(57) Zusammenfassung: Sowohl bei Gleit- als auch bei Reibpaarungen muss die entstehende Reibwärme zügig aus dem Reib-/Gleitbereich abgeführt werden. Das ist erforderlich, um einen Schmierfilm aufrecht zu erhalten oder konstante Reibwerte zu gewährleisten. Erfindungsgemäss werden deshalb Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe für Reib-/Gleitanwendungen eingesetzt, die gekennzeichnet sind durch die Basiszusammensetzungen aus einer oder mehreren metallischen Phasen mit einem Anteil von 30 bis 75 Vol.-%, bevorzugt Aluminium und seine Legierungen, und einer oder mehreren nichtmetallischen anorganischen Komponenten mit einem Anteil von 25 bis 70 Vol.-% als keramische Werkstoffe, bevorzugt Siliciumcarbid, Aluminiumoxide, Titanoxide und Silicate.

WO 03/074898 A1